

REPUBLIQUE DE GUINEE

MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ELEVAGE

Institut de Recherche Agronomique de Guinée (IRAG)

Définition des activités du volet

«Maintenance et restauration de la fertilité des sols»

Composante « Recherche développement » du projet Riz-BG
« Appui au développement de la filière riz en Basse Guinée »



Rapport de mission du 8 au 15 février 2009

Dr. Serge Marlet (CIRAD)

Dr. Billo Barry (IRAG)

Dr. N’Famara Cissé (IRAG)





Je remercie chaleureusement Billo Barry et N'Famara Cissé pour la qualité de leur accueil, leur disponibilité et les nombreuses connaissances qu'ils ont su me communiquer sur la riziculture de Mangrove en Guinée.

Je garde en particulier un excellent souvenir de nos sorties sur le terrain (Kondéyiré en haut, Kountouloun en bas), et des rencontres avec les agriculteurs et les jeunes ingénieurs recrutés par le projet.



1 Introduction

1.1 Contexte et justification de la mission

Cette mission d'expertise s'inscrit dans le cadre de la mise en œuvre du projet « Riz Basse Guinée » (Riz-BG) dont la convention de financement entre la Guinée et l'Agence Française de Développement (AFD) a été établie en mai 2007.

L'objectif du projet riz BG est d'améliorer les revenus des populations de la zone littorale de Basse Guinée en contribuant au développement d'une filière de production du riz de mangrove durable et économiquement rentable. Le projet consiste à :

- Réaliser des investissements dans les infrastructures de maîtrise de l'eau couvrant 5000 ha environ, dont 2500 ha d'une précédente phase d'aménagement qui seront renforcés.
- Apporter les appuis techniques nécessaires à une mise en œuvre efficace et durable de ces zones aménagées ;
- Renforcer les acteurs institutionnels participant à cette filière et tout particulièrement les organisations des producteurs de Basse Guinée.

Basé sur une démarche participative, ce projet est placé sous la coordination de la Direction Nationale du Génie Rural (DNGR) du Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage (MAE). Les principaux acteurs de sa mise en œuvre en sont : (a) deux prestataires de services pour la réalisation des aménagements, le bureau d'études privé Berça Baara chargé de la réhabilitation et de la création d'ouvrages hydrauliques structurants sur les plaines rizicoles, et les ONG Univers sels et ADAM chargées de promouvoir l'adoption de techniques d'amélioration de la gestion de l'eau à la parcelle et sur des rizières traditionnelles ; (b) la Fédération des Organisations de Producteurs de Basse Guinée (FOPBG) ; (c) le Bureau Central des Etudes et Politiques Agricoles (BCEPA) chargé de mettre en œuvre la composante « Appui à l'aval de la filière riz » ; (d) l'Observatoire National de la République de Guinée (ONRG) chargé de mettre en place un système de suivi-évaluation des impacts du projet ; et (e) l'IRAG en charge de la composante « Recherche-Développement ». Parmi les 4 volets suivants du programme R-D, seules les deux premières sont actuellement financées dans le cadre du projet Riz-BG :

1. la définition des systèmes permettant de maintenir la fertilité des sols sur le long terme ;
2. le suivi technico-économique de la production rizicole ;
3. la recherche variétale ;
4. la mécanisation de la préparation du sol et du battage du riz.

C'est dans le cadre du premier thème « définition des systèmes permettant de maintenir la fertilité des sols sur le long terme » que s'inscrit la présente mission. Une bonne gestion des aménagements, adaptée au contexte local et appropriée par les acteurs, est un des facteurs clés pour assurer le maintien de la fertilité des sols sur le long terme. Ils doivent en effet être en mesure d'assurer une gestion adéquate des entrées d'eau de mer et de l'eau douce afin de :

- Maintenir un niveau de salinité compatible avec la pratique de la riziculture par une bonne maîtrise de l'eau douce pour le lessivage à la parcelle,
- Entretenir la fertilité des sols grâce aux dépôts de vase riches en élément nutritif ;
- Maintenir des conditions d'oxydoréduction évitant les processus d'acidification des sols et leurs conséquences en termes de libération d'ions toxiques ou d'immobilisation d'éléments nutritifs.
- Assurer un renouvellement suffisant des eaux évitant l'apparition d'une toxicité ferreuse.

L'objectif de ces recherches menées au sein d'aménagements est l'analyse des interactions entre : les dynamiques hydriques, salines et sédimentaires induites par l'aménagement et les modes de

gestion des eaux d'origine marine et continentale ; les pratiques culturelles ; et la fertilité des sols, en vue d'évaluer et d'améliorer:

- La conception des aménagements hydro-agricoles ;
- Les pratiques individuelles et les règles collectives de gestion des eaux et des terres.

L'expert est chargé de collaborer avec les équipes de l'IRAG pour la conception et la mise en œuvre des dispositifs et protocoles de recherche, conformément au programme de recherche développement, de coopération scientifique et d'appui à la formation défini au cours de la mission d'expertise de Bruno Lidon du 21 Juin au 2 Juillet 2008 (Lidon et al., 2008). Ce rapport complète et précise les conclusions du rapport de Bruno Lidon dont il emprunte certaines parties.

1.2 Rappel des termes de références

Cette mission a pour finalité de concevoir les dispositifs et protocoles expérimentaux pour leur mise en œuvre dans les meilleurs délais. Cela inclut l'identification des moyens matériels (équipements, fonctionnement) et humains (compétences requises, formation, partenariats...). La mission devra notamment proposer:

- Un certain nombre d'objectifs spécifiques structurant la démarche générale de recherche;
- Les activités à mettre en œuvre, étape par étape et aux différents niveaux d'échelles, sur les sites préalablement définis;
- Les partenariats et les formations à développer pour disposer compétences requises et assurer la socialisation des interventions;
- Les besoins en équipements et matériels;
- Un programme détaillé des interventions au cours de la campagne 2009 et intégrant l'ensemble de l'année hydrologique

1.3 Déroulement de la mission

Cette mission de 8 jours s'est déroulée entre le dimanche 8 et le dimanche 15 février 2009. Le programme de la mission et la liste des principales personnes rencontrées sont présentés dans les tableaux 1 et 2.

2 Problématiques et observations préliminaires

Cette partie s'inspire largement du rapport de Bruno Lidon, Billo Barri et N'Famara Cissé (Lidon et al., 2008), et des travaux fondateurs de Marius au Sénégal (Marius, 1977 ; Marius, 1985), et de Sow et Barri en Guinée (Sow, 2003 ; Sow and Barri, 2003).

2.1 Aménagement des plaines de mangrove rizicultivées

En Guinée maritime, on distingue plusieurs types de plaines de mangrove rizicultivées correspondant à différentes stratégies d'aménagement :

- T1 : présence des marées avec risque de salure pendant la saison de production. Le risque de salure oblige à protéger la riziculture contre l'intrusion de l'eau de mer par la construction de digues de ceinture et d'ouvrages de régulation (aménagement fermé). La réalisation de quelques drains est généralement recommandée pour drainer les poches de terres basses vers les ouvrages.
- T2 : présence des marées sans risque de salure pendant la saison de production. L'absence de risque de salure permet d'adopter un aménagement ouvert, c'est-à-dire sans digue de ceinture. L'aménagement se limite au recalibrage des drains et à la réalisation d'ouvrages de régulation.
- T3 : plaine d'eau douce avec submersion de longue durée. La riziculture de contre-saison est pratiquée.

Tableau 1. Programme de la mission

Dates	Activités
Dimanche 8 février	Arrivée à Conakry
Lundi 9 février	Entretien avec MM. Famoï Béavogui, Billo Barry et N’Famara Cissé à l’IRAG Entretien avec Mme Florence Le Coz, AFD Entretien avec M. Didier Bazzo, ONRG Entretien avec Alain Héral, Univers Sel
Mardi 10 et Mercredi 11 février	Visites de terrain. Nuit à Kamsar.
Jeudi 12 février	Participation à l’atelier de restitution des états de référence dans le cadre du système de suivi-évaluation des impacts du projet, réunissant l’ensemble des partenaires du projet Travail personnel
Vendredi 13 février	Discussion des propositions de dispositifs et protocoles expérimentaux avec M. N’Famara Cissé Restitution des propositions à la coordination du projet et à la Fédération des Organisations Paysannes de la Basse Guinée (FOP-BG)
samedi 14 février	Validation des propositions avec MM. Billo Barry et N’Famara Cissé Déjeuner avec MM. Famoï Béavogui, Billo Barry et N’Famara Cissé Travail personnel
Dimanche 15 février	Travail personnel et départ

Tableau 2. Liste des principales personnes rencontrées

Personnes rencontrées	Organismes	Fonction
Dr Famoï Béavogui	IRAG	Directeur Général
Dr Billo Barry	IRAG	Directeur Scientifique /coordinateur de la composante R/D du projet Riz-BG
Dr N’Famara Cissé	IRAG	Chercheur chargé du volet « Maintien et restauration de la fertilité des sols »
Pierre Kamano	IRAG	Chercheur chargé du volet « Suivi technico-économique »
Equipe IRAG Koba	IRAG CRAK	Chercheurs
Patrice de Vernou	CIRAD	Correspondant en Guinée
El Hadj Alpha Oumar Sow	DNGR	Coordinateur du projet Riz-BG
Lucien Rossignol	DNGR	Conseiller technique du projet Riz-BG
Didier Bazzo	ONRG	Conseiller technique
Prof. Georges Rossi	ONRG	Consultant
Alain Héral	Univers Sels	Conseiller
Equipe FOP-BG	FOB-BG	
Florence Le Coz	AFD	Conseillère

- T4 : plaine d'eau douce avec submersion de courte durée. La riziculture pluviale est pratiquée.

Le projet Riz-BG appuie le développement de 14 périmètres (tab. 3) situés sur des plaines de type T1 et T2. Il concerne pour une part la poursuite des actions réalisées sur les périmètres déjà aménagés dans le cadre du PDRI-GM (2063 ha) et pour une autre part la création de nouveaux périmètres selon deux approches conduites par :

- L'ONG Univers Sels, en partenariat avec l'ONG ADAM qui a vocation à prendre progressivement le relais, pour la réalisation d'aménagements individuels permettant de contrôler à la fois l'admission des eaux de mer pendant l'inter-culture, et le drainage des casiers rizicoles pendant la saison de culture. Des barrages de régulation en terre peuvent aussi être aménagés sur les chenaux pour sécuriser les périmètres vis à vis de l'eau de mer. Ces barrages sont équipés de conduites en PVC (diamètre de 300 mm pour 5 ha ou diamètre de 500 mm pour 100 hectares). En complément des 5500 ha déjà équipés dans l'ensemble des plaines de mangrove rizicultivées de Guinée maritime, il est prévu la création de nouveaux aménagements sur une superficie de 1000 ha dans le cadre du projet Riz-BG.
- Le bureau d'étude Berca Baara, pour la réalisation d'aménagements collectifs sous la forme d'une digue de ceinture, d'ouvrages contrôlant l'admission des eaux de mer, et d'aménagements secondaires de régulation comparables à ceux mis en œuvre par l'ONG Univers Sels. En complément des ouvrages réalisés dans le cadre du PDRI-GM, il est prévu la création de nouveaux aménagements sur une superficie de 2522 ha dans le cadre du projet Riz-BG.
- Certaines plaines accueillent les deux types d'aménagement.

2.2 Stratégie des agriculteurs

Selon l'Observatoire National de la République de Guinée (ONRG) en charge du système de suivi-évaluation des impacts du projet (États de référence de novembre 2008), les activités non-agricoles représentent environ 60% des revenus monétaires. Le riz n'en représente que 20% mais joue un rôle fondamental dans la satisfaction des besoins alimentaires. Les riziculteurs mono-actifs sont les plus pauvres (80% des ménages sont pluriactifs).

Les agriculteurs visent en fait deux objectifs : production de riz qui sera d'abord utilisé pour la satisfaction des besoins alimentaires et des besoins sociaux, les quantités excédentaires étant ensuite commercialisées ; et valorisation du travail, toutes activités confondues. La rentabilité du travail peut-être localement excellente et tient plutôt au fait que peu de jours de travail sont investis dans les rizières. Les meilleures parcelles sont généralement repiquées ou semées les premières, puis les autres sont ensuite conduites de façon moins intensives. Les agriculteurs cherchent enfin à adapter leurs pratiques en fonction des conditions de l'année considérée et des résultats attendus. Ils sont en outre vraisemblablement confrontés à des problèmes de main d'œuvre. Les innovations proposées par les agriculteurs : culture à plat, semis direct, travail du sol au motoculteur,..., sont très symptomatiques à cet égard.

Les performances (double indicateur de rendement et de valorisation du travail) des plaines montrent des variations significatives:

- Certaines présentent des problèmes de fertilité et conduisent à de moins bonnes performances (Kaléxé ou Sibaly par exemple)
- D'autres montrent de bons rendements et les différences se manifestent principalement par la capacité à limiter la charge de travail (Natékana et Kito par exemple)

Au final, il apparaît que les agriculteurs sont mieux sécurisés dans les aménagements, ce qui leur permet d'investir dans des activités plus rentables. A ce titre, le projet et les aménagements ont un effet d'entraînement sur les investissements et la valorisation du travail dans les secteurs extra-agricoles, rendu possible par une sécurisation alimentaire et des revenus dans les plaines de

Tableau 3. Liste des périmètres et types d'aménagement

Zone	Nom	PDRI-GM	PDRI-GM + Univers Sels	Berca Baara (Riz-BG)	Univers Sels (Riz-BG)
Bouramaya	Fanyékhouré		X		
	Gandoya-Manensi	X			
	Natékana				X
Douprou	Kountouloun		X		
	Siboty-Sobanet	X			
	Siranka-Bongolon	X			
Kanfarandé	Tafera			X	
Koba	Benthya		X		
	Kirinkiné		X		
	Kito				X
Mankountan	Kalaxé	X			
	Sibaly	X			
Tougnifily	Kondeyiré			X	
	Tabantoni				X

mangrove rizicultivées. Ils apparaissent ainsi localement comme un véritable moteur de développement.

2.3 La fertilité des sols de mangroves

Les plaines T1 et T2, situées en front de mer ou à l'embouchure de certains fleuves, sont situées dans la zone de balancement des marées (estran). Cette situation leur confère un certain nombre de caractères spécifiques qui déterminent l'évolution de la fertilité du milieu, les types d'aménagements, les pratiques des agriculteurs, les performances des systèmes de culture et leurs interactions.

2.3.1 Des sols naturellement enrichis par les apports sédimentaires

Dans les conditions naturelles, l'admission des eaux de mer dans la plaine s'accompagne du dépôt de quantités importantes de vase. C'est d'ailleurs de cette manière que se sont constituées les plaines de mangrove. La fertilité est naturellement entretenue par le dépôt de vases riches en matières organiques et éléments nutritifs au rythme des submersions par les eaux de mer. Elle est étroitement liée au taux de matière organique du sol qui résulte du stock initial (richesse des sédiments marins en plancton et des racines de palétuviers) et du taux de renouvellement de ce stock par les apports de vases marines.

Dans les plaines aménagées, le régime hydro-sédimentaire est modifié et peut conduire à une diminution des apports de vase. Il convient de noter que la culture de riz est conduite sans apport d'engrais minéraux et peut atteindre un rendement potentiel supérieur à 6 t/ha. Sans apport de sédiments, on observerait une dégradation rapide de la fertilité (5-10 ans).

2.3.2 La salinité

La problématique de l'admission des eaux de mer se présente sous deux aspects aux conséquences diamétralement opposées. Pendant l'interculture, l'admission d'eau de mer est le moyen privilégié d'entretenir la fertilité grâce aux apports de sédiments et au maintien de conditions réductrices empêchant l'expression de l'acidité sur les sols sulfatés acides. Mais pendant la saison de culture, l'intrusion des eaux de mer est une catastrophe pour les agriculteurs. Des aménagements sont nécessaires et sont vécus comme un moyen privilégié de sécurisation. Ces intrusions d'eau de mer se produisent principalement lors des marées d'équinoxe de septembre (surnommées « François » par les agriculteurs), mais aussi en octobre et novembre.

La salinité accumulée dans les plaines est facilement lessivée grâce à la pluviométrie abondante de la zone (de l'ordre de 3000 à 4000 mm) et ne représente pas une contrainte pour les agriculteurs qui laissent passer les premières pluies (à partir de mai) avant un repiquage ou un semis à partir du mois de juillet. Toutefois, les agriculteurs sont amenés à adapter certaines pratiques et aménagements dans les parcelles : creusement d'une colature peu profonde sur le pourtour de la parcelle, repiquage sur billon ... afin de faciliter le lessivage de la partie superficielle du sol.

2.3.3 Des sols sulfatés acides

La mangrove naturelle est un groupement de végétaux principalement ligneux (palétuviers...) qui se développent dans la zone de balancement des marées (estran) des côtes basses des régions tropicales. La formation des sols sulfatés acides correspond à un double processus de réduction du fer (principalement issu du milieu continental) et du sulfate (principalement issu de l'eau de mer). Ces réductions sont activées par certaines bactéries spécifiques comme *Sporovibrio desulfuricans* pour la réduction des sulfates en ions sulfures, et produisent de l'alcalinité qui est évacuée au rythme des marées. La présence de ces bactéries est notablement plus forte lorsque la végétation pionnière est constituée de palétuviers de type *Rhizophora* qui poussent dans la zone inondée, possède des racines - échasse en partie aérienne, et un système racinaire très dense et très profond. Elle est plus

faible dans le cas d'une végétation pionnière de type **Avicennia** qui occupe des milieux partiellement inondés et salés, possède des pneumatophores et un système racinaire beaucoup moins développé. Le processus de sulfatoréduction bactérien aboutit à la production de H_2S ou d'ions sulfures S^{2-} qui réagissent avec le fer sous forme réduite, $Fe(II)$, d'origine continentale. Cela conduit à la formation de mono-sulfures de fer métastables, principalement de la mackinawite (FeS), et de la pyrite (FeS_2) qui n'est stable qu'en milieu réducteur. La décomposition de la pyrite s'accompagne d'abord de la libération du fer ferreux Fe^{2+} et de l'oxydation de la pyrite en soufre élémentaire. L'oxydation microbiologique (*Thiobacillus thio oxydans*) du soufre élémentaire donne des ions sulfates et s'accompagne d'une forte production d'acidité. Lorsque le pH devient inférieur à 4, la libération de fer ferrique dans la solution du sol par oxydation microbiologique (*Thiobacillus ferroxydans*) des ions ferreux, induit l'oxydation de la pyrite sous forme d'un sulfate de fer du groupe de la Jarosite, de couleur jaune, auquel est souvent associé un sulfate d'aluminium, l'Alunite, de couleur blanche. Cette acidification, outre son effet direct sur le riz, s'accompagne de la libération d'ions solubles (aluminium) toxiques ou est à l'origine de carences liées au blocage d'éléments nutritifs majeurs (azote et phosphore) ou mineurs tel que le cuivre et le zinc. Lorsque les conditions oxydantes perdurent pendant plusieurs années, elles conduisent à la quasi-stérilisation du sol. Ce phénomène, qui peut se produire naturellement sous l'effet d'un assèchement dû à une évolution du fonctionnement du système hydro – sédimentaire, est accentué en cas de drainage du sol consécutif à une protection contre l'entrée d'eau de mer pour la mise en valeur rizicole.

Ces sols sont repartis de façon hétérogène et se caractérisent par la présence de traces de pyrite et, plus communément, de jarosite. Le maintien de la fertilité requiert une présence continue d'eau, douce ou salée, pour ne pas laisser le sol s'oxyder et devenir acide. L'acidité se manifeste généralement dans les zones périphériques des plaines ou sur les points hauts où la présence d'eau est discontinue.

2.3.4 La toxicité ferreuse

Avec la mise en place de conditions anaérobies au cours de la saison de culture, le potentiel d'oxydoréduction (redox) va décroître progressivement sous l'effet de l'activité microbienne jusqu'à ce que la réduction du fer, de $Fe(III)$ en $Fe(II)$, devienne le principal fournisseur d'électron pour la respiration de la flore microbienne anaérobie. La quantité de $Fe(II)$ va augmenter mais sa forme toxique $Fe^{é+}$ peut aussi varier en fonction du pH (complexation sous forme de $Fe(OH)^+$, $Fe(OH)_2^0$, ...) ou de la présence d'autres ligands minéraux (SO_4^{2-} ...) ou organique. L'excès de fer sous ses formes réduites, $Fe(II)$, se manifeste par l'apparition d'irisation et de traces huileuses en surface de l'eau. Cette mobilisation de $Fe(II)$ plus soluble que les formes oxydées $Fe(III)$ peut conduire à une mobilisation du fer, en particulier à la surface du sol qui devient très rouge lorsque le sol est exondé.

En riziculture sous submersion, des processus d'oxydoréduction sont susceptibles d'apparaître : en surface du sol entre une lame d'eau oxydée et une couche réduite dans le reste de la zone racinaire ; mais aussi dans la rhizosphère du riz qui est capable de transporter de l'oxygène de ses parties aériennes vers son système racinaire. Il l'utilise pour son métabolisme racinaire mais aussi dans la rhizosphère pour nitrifier NH_4^+ en NO_3^- ; et oxyder certains éléments toxiques comme Fe^{2+} (Kirk, 2003). La plante est donc capable de minimiser les effets de la présence de Fe^{2+} dans sa rhizosphère jusqu'à un certain point. Lorsque la quantité de Fe^{2+} est trop abondante, une toxicité se manifeste par une coloration violacée du feuillage.

La toxicité ferreuse est un phénomène complexe dont l'apparition est liée à de nombreux facteurs : développement de conditions réductrices ; pH acide ; sol peu salé ; adaptation variétale ;... En pratique, le renouvellement continu des eaux (rythme des marées, apport et drainage des eaux de pluie...) empêche son apparition. Des manifestations sont observées localement mais restent généralement moins importantes que les autres contraintes d'acidité et de salinité.

2.3.5 L'excès d'eau

En complément de la problématique des eaux de mer et de la salinité, les pluies très importantes peuvent conduire localement à la création de lames d'eau importantes, empêchant la réalisation des interventions culturales et une bonne croissance du riz. Ce phénomène peut s'observer dans certaines dépressions et à la limite des piémonts où les eaux viennent s'accumuler. Ces situations observées dans certaines plaines (Kondeyiré notamment) requièrent un réseau de drainage d'autant plus efficace que les pentes sont généralement très faibles.

2.3.6 L'enherbement

Dans les systèmes rizicoles, et en particulier pour les agriculteurs cherchant à minimiser la charge de travail, la pression de l'enherbement ou son contrôle est un facteur primordial de performance.

La présence de ***Sesuvium*** est considérée comme un signe de bonne fertilité par les agriculteurs. Il se développe en présence d'eau salée et d'eau douce en alternance ; il est facilement contrôlé.

La présence de ***Paspalum*** est le signe d'un milieu salé. Il est difficilement contrôlé par les agriculteurs qui doivent retourner la surface pour mettre les racines à l'air et les sécher. Cette raison a été évoquée pour différer l'admission d'eau de mer après la mi-février alors que les récoltes sont achevées depuis environ 2 mois.

Dans certaines zones périphériques où l'admission d'eau de mer est difficile, nous avons observé la prolifération de ***Cyperacées***. Ces adventices sont munies d'un bulbe pérenne et il est très difficile de les éradiquer sans la présence d'eau de mer, ou l'utilisation d'herbicides systémiques. Les agriculteurs se plaignent de l'augmentation de la charge de travail et ont parfois choisi d'abandonner ces parcelles. L'abandon conduit à une prolifération de ces cypéracées et facilite leur dissémination.

2.3.7 Synthèse sur la gestion de la fertilité des sols de mangroves

La gestion de la fertilité des sols de mangroves répond donc à des objectifs contradictoires :

- Installation de digues pour empêcher l'intrusion des eaux de mer pendant la saison rizicole ;
- Admission des eaux de mer pendant l'interculture pour l'entretien de la fertilité (dépôt de vase), ou encore un contrôle efficace de l'enherbement ;
- Drainage pour évacuer la salinité accumulée pendant l'interculture, ou pour évacuer les eaux douces pendant la saison pluvieuse ;
- Maintien de conditions réductrices pour empêcher l'expression de l'acidité sur les sols sulfatés acides ;
- Circulation et renouvellement suffisant des eaux pour s'opposer à l'apparition de toxicité ferreuse.

Les aménagements doivent donc être considérés, conçus et évalués sur la base d'un ensemble de critères. Leur rôle principal est de sécuriser les périmètres par rapport au risque d'intrusion d'eau de mer pendant la saison de culture. Dans le même temps, le régime hydro-sédimentaire devra être le moins possible perturbé afin d'éviter une dégradation de la fertilité : réduction de dépôts de vase, expression croissante des contraintes d'acidité, développement de la flore adventice... Parmi les périmètres que nous avons visités, le régime hydro sédimentaire de Kountouloun semble par exemple avoir été excessivement affecté. Ce pourrait être aussi le cas d'autres aménagements comme Kalaxé ou Sibaly où de graves problèmes de fertilité semblent se poser. Le régime hydro-sédimentaire et la nature des sols sont aussi soumis à une forte variabilité spatiale et temporelle qui complique encore la gestion de l'eau et de la fertilité dans les plaines aménagées.

La gestion de la fertilité ne peut enfin être analysée sans un intérêt central porté aux pratiques des agriculteurs et aux performances de ces systèmes techniques de production. Dans des conditions où les agriculteurs accordent tout autant la priorité à la production et à la valorisation du travail, la fertilité ne peut être seulement reliée au rendement potentiel qu'il est possible d'obtenir. La fertilité

doit aussi être analysée en fonction du surcroît d'efforts ou de charges qu'il faut consentir pour maintenir des niveaux acceptables de production. Il apparaît donc nécessaire d'observer simultanément la fertilité des sols de mangrove et son évolution, les pratiques des agriculteurs et les performances des cultures en relation avec les modifications introduites par l'aménagement des plaines de mangrove.

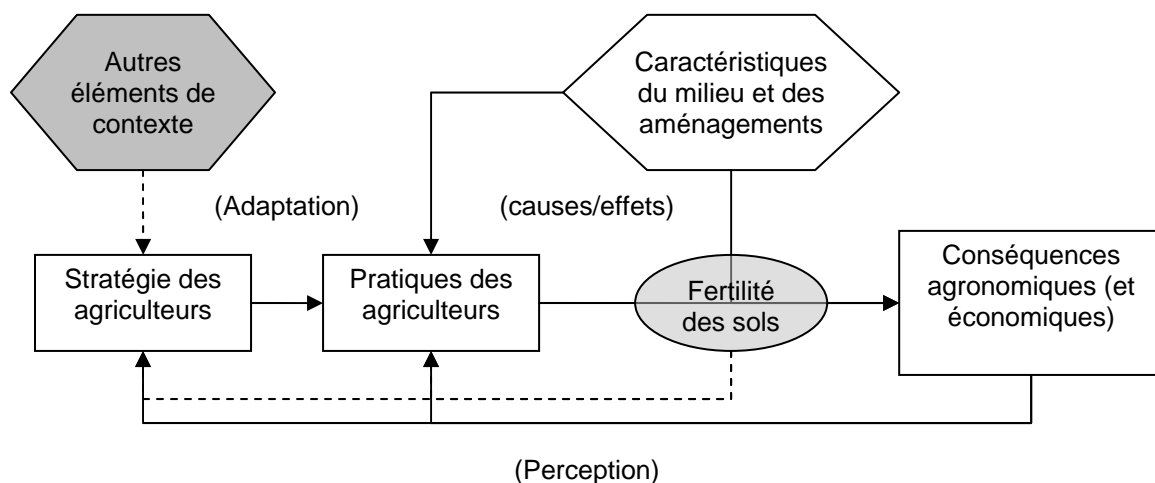
3 Méthodologie générale

La complexité de la problématique que nous avons tenté de restituer précédemment rend nécessaire le recours à différentes approches qui permettent une bonne compréhension de la situation, et le développement d'une capacité d'action. Les propositions ci-dessous se décomposent en 4 parties :

- Une approche systémique pour la compréhension du comportement des agriculteurs et de son influence sur les performances des systèmes de riziculture de mangrove, en fonction du contexte ;
- Une approche thématique pour la compréhension de certains mécanismes liés à : l'effet des pratiques sur l'évolution de la fertilité ou sur l'expression des problèmes de fertilité des sols de mangrove, d'une part, et l'effet du milieu sur l'alimentation minérale (déficience, toxicité...) et la production du riz ;
- Une démarche d'intervention auprès des agriculteurs et des autres acteurs du développement de la riziculture de mangrove ; et :
- La conception et la mise en place d'un dispositif pérenne d'évaluation et de suivi de la fertilité des sols de mangrove.

3.1 Approche systémique

Le traitement de cette question de gestion de la fertilité répond à une logique systémique centrée sur les relations entre milieu, pratiques individuelles et collectives et performances des cultures.



Au sein d'un quartier hydraulique intégrant la plus grande diversité possible de situations, les travaux seront menés dans deux directions complémentaires :

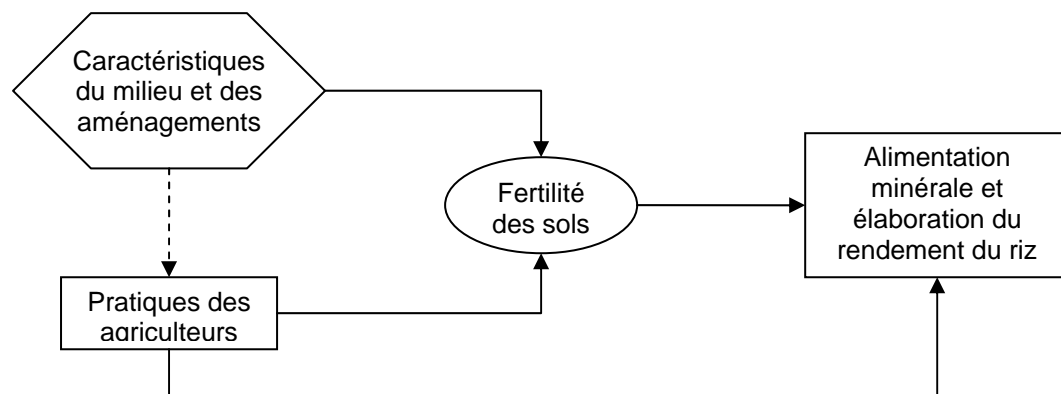
- Une analyse du **comportement des agriculteurs** sur la base d'entretiens individuels et collectifs auprès de l'ensemble des exploitants agricoles représentés au sein du quartier hydraulique (y compris les parcelles qu'ils possèdent par ailleurs). Il s'agira de préciser la perception de la fertilité des sols et des performances des cultures par les agriculteurs, et de comprendre par quels moyens, dans un contexte donné (caractéristiques du milieu et des aménagements), l'agriculteur s'adapte pour atteindre ses objectifs. Les autres éléments de contexte qui

déterminent la stratégie des agriculteurs ne seront pas abordés directement, mais indirectement en fonction de l'explication des stratégies mises en œuvre.

- Un **diagnostic agronomique simplifié** sur chacune des parcelles du quartier hydraulique. Il s'agira plus particulièrement d'analyser les relations de causalité entre : les caractéristiques du milieu (propriétés des sols, topographie...) et des aménagements (admission des eaux de mer, importance des dépôts de sédiments, efficacité du drainage...) ; les pratiques des agriculteurs ; et les performances agronomiques et économiques en termes de production et de valorisation du temps du travail. La problématique de l'entretien ou de la restauration de la fertilité des sols, c'est-à-dire l'influence des caractéristiques du milieu, des aménagements et des pratiques des agriculteurs sur l'évolution de la fertilité (ou l'expression des problèmes de fertilité) en fonction des caractéristiques des aménagements et des pratiques des agriculteurs, ne sera pas abordée directement à ce stade.

3.2 Approche thématique

Un certain nombre de questions posées à la recherche nécessite la mise en œuvre de travaux de recherche thématiques pour une meilleure compréhension de certains processus majeurs qui conditionnent la fertilité des sols et les performances des cultures.



Ces travaux de recherche seront menés au sein de quartiers hydrauliques à deux échelles :

- A l'échelle du quartier hydraulique : Caractérisation des régimes hydro-sédimentaires déterminant les dépôts de vase, les bilans organiques et salins, et conditionnant les évolutions à moyen et long terme de la fertilité des sols (tendances évolutives du statut organique et minéral) ;
- A l'échelle de quelques parcelles de référence représentatives de la diversité des situations rencontrées au sein du quartier hydraulique : (1) Influence des modalités de gestion de l'eau sur les propriétés chimiques du sol *in situ* et l'évolution à court terme de la fertilité (expression des contraintes de salinité, d'acidité...) ; et (2) Influence des propriétés du sol et des pratiques agricoles sur l'alimentation minérale (déficiences, toxicité...) et l'élaboration du rendement du riz.

Il convient de noter que le volet "suivi-évaluation technico- économique" de la composante R/D de l'IRAG suit les pratiques et les performances de 209 exploitations agricoles, correspondant à 750 casiers sur 14 périmètres. Dans la mesure du possible, le choix des parcelles de référence sera réalisé en cohérence avec les parcelles sélectionnées, pour une économie de moyens et une meilleure efficacité de ces travaux.

3.3 Démarches de diffusion et d'intervention

La recherche est susceptible de produire de nouvelles connaissances sur la fertilité des sols de mangrove. Elle peut aussi proposer un certain nombre de voies originales pour une gestion plus efficace et durable de la fertilité des sols de mangrove. Mais la recherche seule ne dispose pas de réelles capacités d'innovation, c'est-à-dire de transformation des aménagements ou des systèmes de

culture, en dehors d'un partenariat organisé sous la coordination de la DNGR avec les autres intervenants impliqués dans le cadre du projet Riz-BG, en particulier :

- le bureau d'études privé Berca Baara et les ONG Univers sels et ADAM pour ce qui concerne les aménagements hydrauliques et leur gestion, à l'échelle de la plaine ou de la parcelle ; ou :
- la Fédération des Organisations de Producteurs de Basse Guinée (FOPBG) pour le test et la diffusion de systèmes techniques de production auprès des agriculteurs.

Il est donc pris acte du fait que la réussite d'interventions requiert une démarche concertée, voire une démarche collective, entre les différents intervenants (FOP-BG, Berca Baara, Univers Sels et Adam...), et sous la tutelle de la DNGR en charge de la coordination du projet Riz-BG. La composante R/D pourra soumettre des propositions d'intervention, ou répondre aux sollicitations ou offres de collaboration des autres partenaires. La composante R/D joue un rôle spécifique en termes de propositions méthodologique et de mise en œuvre de la démarche.

Nous établirons ici les principes de ces interventions visant à l'amélioration des aménagements et des pratiques permettant de maintenir la fertilité des sols sur le long terme et une meilleure durabilité des systèmes de production rizicole. Ces interventions seront co-construites le moment venu avec les agriculteurs et les partenaires du projet Riz-BG, et ne seront donc pas définies dans le cadre de ce rapport.

3.4 Concevoir et mettre en œuvre un dispositif de suivi de la fertilité des sols de mangrove sur le moyen et long terme

Les dispositifs de suivi correspondent à deux finalités distinctes : mise en place de systèmes d'évaluation des impacts de projets ou d'activités ; ou Observatoires de Recherche en Environnement, justifiés par l'étude de processus dont les effets ne peuvent être mis en évidence que sur la durée. La problématique de l'entretien (ou de la restauration) de la fertilité des sols de mangrove justifie à la fois l'un et l'autre. Mais la nature du projet Riz-BG dans lequel s'inscrit cette activité commande plutôt la mise en place d'un système d'évaluation. Evaluer, c'est se donner les moyens de suivre, comprendre et porter un jugement sur un projet (ou une activité) sur lequel le décideur, le financeur ou l'opérateur de terrain s'appuient pour orienter leur politique, leur soutien ou leur action. L'évaluation permet ainsi d'améliorer la qualité des actions futures en recueillant des informations qui permettent de mesurer les progrès accomplis, tout en détectant les points de blocage, les leviers d'action possible... Elle s'inscrit dans une démarche de progrès basée sur l'apprentissage. Mais, une des difficultés de l'évaluation réside dans son caractère pluriel en terme d'objets d'évaluation, de publics cibles et d'objectifs motivant une telle démarche. La mise en place d'un système d'évaluation (ou dispositif de suivi) requiert donc avec toute chose une définition claire de ses objectifs (Quoi ? Pour qui ? Pourquoi ?), et ce avant d'en définir les moyens (Comment ?).

Il convient aussi de rappeler que différentes démarches d'évaluation et de suivi sont mises en œuvre dans le cadre du projet Riz-BG : Mise en place d'un système de suivi-évaluation des impacts du projet par l'Observatoire National de la République de Guinée (ONRG) ; volet « *Suivi technico-économique de la production rizicole* » et volet « *Maintien et restauration de la fertilité des sols de mangrove* » dans le cadre du programme R-D par l'IRAG. Seul ce dernier aspect entre dans les termes de référence de la présente mission d'expertise. On peut néanmoins s'interroger sur les possibles articulations entre ces différents volets ou composantes du projet Riz-BG. Le volet « *Maintien et restauration de la fertilité des sols de mangrove* » pourrait notamment proposer et renseigner différents indicateurs de fertilité qui puissent être mis en œuvre de façon coordonnée avec les autres partenaires.

Concernant spécifiquement le suivi de la fertilité des sols de mangrove sur le moyen et long terme, l'évaluation porterait sur l'impact des aménagements sur l'évolution de la fertilité, à destination des décideurs et des prestataires de service, et pour l'amélioration de la conception des aménagements des plaines de mangrove rizicultivées. Par fertilité, nous entendons à la fois : l'évolution du statut

organo-minéral des sols ; l'adaptation des pratiques, individuelles (gestion des systèmes rizicoles à la parcelle) et collectives (gestion des aménagements), pour faire face à ces transformations ; et leurs conséquences sur les performances agronomiques et économiques des systèmes rizicoles. C'est en particulier dans la mesure où un tel objectif est partagé avec d'autres intervenants qu'une intégration des différents dispositifs d'évaluation et de suivi deviendrait nécessaire. Le dispositif pourra répondre à certaines autres questions spécifiques, comme par exemple l'identification et l'évaluation d'éventuelles innovations introduites par la recherche ou les agriculteurs (cf. démarche de diffusion et d'intervention).

Comme pour les démarches d'intervention et de diffusion, nous établirons seulement ici les principales caractéristiques de ces dispositifs qu'il s'agira de préciser le moment venu sur la base des résultats obtenus en termes de diagnostic et de compréhension des processus, en particulier pour le choix d'indicateurs.

3.5 Choix des sites

Un choix de deux terrains (Kondéyiré et Kountouloun) a été arrêté précédemment dans le cadre de la mission de Bruno Lidon en juin-juillet 2008. Il est proposé que ces terrains accueillent, comme prévu, les travaux de diagnostic (approche systémique) et de compréhension des processus (approche thématique) sur deux quartiers hydrauliques.

Dans le même temps, ces terrains ne reflètent pas toute la diversité des situations rencontrées à l'échelle régionale, ou encore celle rencontrée dans le cadre du projet (T1 et T2). Sont en particulier exclues :

- Les plaines de mangrove pourvues de techniques d'amélioration de la gestion de l'eau à la parcelle (Univers Sels), mais sans ouvrages hydrauliques structurants à l'échelle de l'aménagement (bureau d'étude Berca Baara). Un tel terrain permettrait notamment d'établir une situation de référence en matière de régime hydro sédimentaire en l'absence d'aménagements collectifs. Le périmètre de Tanbatoni, situé à proximité du périmètre de Kondéyiré a été évoqué ;
- Certaines situations extrêmes, favorables (Kito, Natékana) ou défavorables (Kalaxé, Sibaly).

La réflexion sera poursuivie au cours de l'année 2009. Il pourra ensuite être proposé d'étendre certains travaux, des actions d'accompagnement des agriculteurs ou encore la mise en œuvre d'un dispositif de suivi étendue à d'autres terrains.

4 Proposition d'un programme détaillé

4.1 Etape 1. Réaliser un diagnostic de base de la problématique de la fertilité dans les zones de mangrove rizicultivées (approche systémique)

On s'intéresse ici à la mise en évidence des relations entre : les caractéristiques du milieu et des aménagements ; les stratégies et pratiques des agriculteurs ; et les performances agronomiques (et économiques) des systèmes rizicoles.

4.1.1 Action 1.1. Mobiliser les connaissances et les savoirs faire des agriculteurs

La démarche reposera d'abord sur les **entretiens collectifs** réalisés en septembre 2008 sur deux quartiers hydrauliques des plaines de Kountouloun et Kondéyiré (cf. rapport de N'Famara Cissé). Les résultats des ateliers concernent : les caractéristiques des sols et des contraintes d'acidité et de salinité ; la gestion des apports d'eau de mer ; la gestion de l'eau douce ; les itinéraires techniques ; les performances des cultures ; et la flore adventice. Ils permettent de disposer d'une base de connaissance générale au sein de ces deux aménagements. Mais ils ne permettent pas de révéler la diversité existante au sein des aménagements et les relations de causalité entre les contraintes, les pratiques et leurs conséquences, telles qu'elles sont perçues par les agriculteurs.

Il est proposé de compléter les entretiens collectifs par des **entretiens individuels** permettant d'analyser de façon détaillée le discours des agriculteurs. L'objectif est de révéler la diversité des perceptions, des connaissances et des manières de pensée et d'agir (ou de réagir) des agriculteurs, puis de construire une représentation synthétique à partir de l'agrégation de différents points de vue.

Les entretiens concerneront environ 10 agriculteurs par périmètre. En pratique, les entretiens seront interrompus lorsque les nouveaux entretiens n'apporteront plus que des informations redondantes. L'approche est basée sur des entretiens semi-directifs en langue locale orienté vers l'analyse des contraintes rencontrées par les agriculteurs. L'enquêteur dispose d'un guide, reprenant les thèmes abordés lors des entretiens collectifs, mais laisse l'agriculteur libre de s'exprimer. Il pourra notamment développer certains problèmes qui ne se réfèrent pas directement à la fertilité pour peu qu'ils représentent un sujet de préoccupation pour l'agriculteur. Les entretiens sont réalisés sur le terrain car cela aide à rester concret et permet à l'enquêteur de vérifier et de débattre en fonction des observations réalisées. Les termes utilisés par les agriculteurs en langue locale sont notés et utilisés pour mieux appréhender leur perception.

La séquence des questions est organisée en deux parties. Dans une première partie introductive, il est demandé à l'agriculteur de décrire son exploitation dans une perspectives historique (passé, présent, avenir) en précisant ses pratiques et la façon de les mettre en œuvre. Le discours de l'agriculteur révèle des contraintes qui seront notées et hiérarchisées. Dans une seconde partie, l'enquêteur focalise l'entretien sur les contraintes et cherche en particulier à comprendre : Comment il identifie le problème? Quelles sont ses causes? Quels sont ses effets? Quelles pratiques met-il en œuvre pour en minimiser les effets? La réponse peut conduire à évoquer un nouveau problème et la discussion se poursuit selon la manière de pensée de l'agriculteur. Un tel questionnaire ouvert peut conduire à des discussions approfondies et permettre l'obtention d'informations détaillées et pertinentes. En conclusion, il est proposé de récapituler la discussion et de lister les principaux problèmes et l'ensemble des facteurs y afférant. L'entretien ne doit pas dépasser 1 heure et pourra se poursuivre ultérieurement si nécessaire, avec l'accord de l'agriculteur. L'enquêteur résume et synthétise l'entretien le même jour.

Les résultats pourront être structurés sous la forme d'un (ou plusieurs) arbre(s) à problème qui est une représentation visuelle des principaux problèmes, de leurs causes et de leurs effets. Il permet de représenter des situations complexes impliquant différents facteurs. La première étape est d'identifier le problème central qui devient le tronc de l'arbre. Les causes primaires sont ensuite positionnées comme les racines de l'arbre, puis développées en causes secondaires, ..., le cas échéant. De la même manière les effets sont positionnés comme les branches de l'arbre. La procédure est répétée jusqu'à construire une chaîne hiérarchique des causes et des effets jusqu'à ce que la liste des causes et des effets soit épuisée.

Aucun moyen particulier n'est requis pour la réalisation de ce travail. Cette action sera réalisée au d'ici la fin du premier trimestre 2009. Un compte-rendu sera rédigé avant la fin du premier semestre 2009.

4.1.2 Action 1.2. Caractériser la distribution spatiale des caractéristiques du milieu, des pratiques et des performances des cultures

Les indicateurs sélectionnés relèvent principalement de l'analyse préalable du discours et de la perception des agriculteurs, et sont éventuellement complétés ou adaptés en fonction de l'expertise scientifique et techniques des chercheurs. A titre d'exemple, elles pourraient couvrir une grande diversité d'indicateurs, quantitatifs ou qualitatifs :

- Causes : salinité, acidité, toxicité ferreuse, topographie, enherbement, difficulté d'accès des eaux de mer, difficulté de drainage, accès direct/indirect aux chéneaux.... mais aussi disponibilité en main d'œuvre et autres facteurs déterminants ;

- Pratiques : Préparation de la parcelle, Modalités de mise en place, dates de repiquage ou de semis, qualité d'entretien... ;
- Effets: manifestations de la dégradation, rendement (déclaratif),...

L'unité élémentaire est la parcelle. Le suivi sera réalisé au cours de la campagne agricole 2009 à l'échelle d'un quartier hydraulique dans chacun des deux périmètres étudiés (Kondéyiré et Kountouloun). Trois moyens complémentaires sont proposés :

- Exploitation des données de base disponibles. Les études réalisées, en particulier à l'occasion des avant-projets sommaires, seront collectées et exploitées. En priorité, un fond de carte du plan parcellaire sera récupéré et actualisé au besoin pour servir de base aux observations ;
- Observation directe et/ou cartographie participative avec l'aide des agriculteurs selon les indicateurs. L'obtention d'informations pertinentes suppose que les informations soient collectées aux périodes pertinentes. Considérant que certaines exploitations agricoles sont suivies dans le cadre du volet « suivi technico-économique », des recoupements seront réalisés *a posteriori* ;
- En complément, il est proposé de réaliser une campagne d'échantillonnage systématique pour une cartographie rapide de la conductivité électrique (CE) et du pH des sols à l'échelle des quartiers hydrauliques. Les horizons seront prélevés en surface (0- 20 cm, correspondant à l'horizon travaillé) et dans l'horizon sous-jacent (20-40 cm). Pour une localisation plus facile, il est proposé un point d'échantillonnage au centre de chaque parcelle (bissectrice des diagonales entre les angles de la parcelle) ; le géo référencement sera réalisé ultérieurement sur le terrain ou par le positionnement des points d'observation sur une carte numérisée et géoréférencée. Ces prélèvements seront réalisés dès que possible avant la mise en eau des parcelles (ou repoussés à l'issue de la campagne de culture si la mise en eau a déjà été réalisée). Les échantillons seront séchés à l'air, broyés et stockés avant d'être analysés. Les valeurs de pH et de CE seront interpolées à l'échelle de chaque quartier hydraulique.

Aucun moyen particulier (autre que tarière et sacs de prélèvement) n'est requis pour le travail de terrain. Les échantillons seront analysés par l'équipe IRAG du projet (cf. équipements). Cette action sera réalisée au cours de la campagne de culture 2009.

4.1.3 Action 1.3. Constituer et exploiter une base de données géoréférencées à l'échelle parcellaire

Les données collectées au cours de l'action 1.2 seront stockées dans une base de données à l'échelle parcellaire. Dans un premier temps, les données pourront être stockées sur tableur (Excel) avant d'être transférées sur d'autres logiciels spécifiques pour le traitement des données (statistique) et l'édition de cartes (SIG). Le plan parcellaire sera digitalisé, puis géoréférencé à partir de mesures GPS réalisées sur le terrain.

La base de données sera utilisée afin de mettre en évidence les relations entre les états du milieu, les pratiques et leurs effets. Les données collectées seront utilisées afin de tester l'ensemble des hypothèses issues des entretiens individuels et collectifs réalisés auprès des agriculteurs (action 1.1). En fonction des résultats de ces analyses, différentes cartes thématiques seront éditées. Il pourra s'agir de variables simples, ou d'indicateurs (simples ou agrégés, comme par exemple le résultat d'une typologie).

Cette action sera réalisée d'ici la fin de l'année 2009. Un compte-rendu commun des actions 1.2 et 1.3 sera rédigé avant la fin de l'année 2009.

4.1.4 Action 1.4. Valider le diagnostic avec les agriculteurs

Les résultats seront restitués aux agriculteurs sous la forme de conclusions simples et de cartes thématiques. Les agriculteurs seront amenés à réagir vis-à-vis des informations présentées. Les

objectifs des travaux de recherche thématique seront exposés et des parcelles de référence seront sélectionnées avec l'accord des agriculteurs.

Cette action sera réalisée avant la fin du mois de février 2010.

4.2 Etape 2 : Comprendre les processus conditionnant l'expression et l'évolution de la fertilité des sols sur un réseau de parcelles de références (approche thématique)

On s'intéresse ici à une meilleure compréhension des processus qui déterminent l'évolution de la fertilité. Les travaux seront principalement réalisés au cours de l'année 2010 sur les situations de référence (maximum de 5 parcelles par périmètre) sélectionnées à l'issue de l'année 2009. Au cours de l'année 2009, on s'attachera plus particulièrement à tester et à adapter les protocoles expérimentaux ; et à former les observateurs de terrain, sous la forme de protocoles exploratoires simplifiés sur 1 parcelle par aménagement, et au fur et à mesure de la réception du matériel.

4.2.1 Action 2.1. Quantifier les dépôts de vase et caractériser le statut organique des vases et des sols

La quantification des sédiments sera réalisée à l'aide de pièges à sédiments conformément au dispositif proposé par (Van Santen et al., 2007). Des pièces de tissu rugueux de 40 x 40 cm seront placées à la surface du sol, fixées et marquées par des piquets en bois. 3 pièges à sédiments seront installés sur chacun des casiers rizicoles. La rugosité devra être équivalente à la rugosité du sol et des tests pourront être réalisés au cours de la première année.

Les pièges à sédiments seront collectés (tissu + sédiments dans un sac de prélèvement), puis les sédiments seront récupérés par lavage au laboratoire, pour être ensuite séchés et pesés. Un échantillon composite sera constitué sur chaque parcelle pour analyse (à préciser). Ces échantillons seront stockés pour la réalisation ultérieure d'éventuelles analyses complémentaires, en particulier sur la fraction organique. Ces résultats seront reliés à la dynamique hydro-sédimentaire à l'échelle de l'aménagement (cf. action 2.2) et de la parcelle (cf. action 2.3).

Cette expérimentation sera complétée par le prélèvement d'échantillons de sol dans l'horizon superficiel 0-20 cm (3 répétitions par parcelle) pour la caractérisation du statut organique et minéral des sols qu'il s'agira ensuite de relier aux dépôts de vase et à la dynamique hydro-sédimentaire locale sur les différentes parcelles de référence. Comme pour les dépôts de vase, les échantillons de sol seront analysés (à préciser), et stockés pour la réalisation éventuelle d'analyses complémentaires.

Les pièges à sédiments seront installés avant le début de la période d'admission des eaux de mer (janvier-février), puis collectés avant la préparation de la parcelle par les agriculteurs (mai). Les échantillons de sol seront prélevés conjointement.

4.2.2 Action 2.2. Quantifier les bilans hydriques, salins (solubles) et solides à l'échelle du quartier hydraulique

Les termes du bilan : entrée et sortie d'eau, d'éléments minéraux solubles et d'éléments solides (sédiments) seront estimés à l'échelle du quartier hydraulique. Ce bilan est caractérisé par une forte variabilité temporelle liée :

- au rythme des marées : la durée minimale de la période de suivi devra intégrer l'ensemble d'un cycle de marée, soit environ 12 heures.
- à l'intensité des marées et aux différentes périodes de gestion de l'admission des eaux de mer et du drainage : différents épisodes représentatifs de ces différentes situations devront être suivis.

Dans l'impossibilité matérielle d'implanter un dispositif de suivi et d'acquisition en continu, de 10 à 12 périodes spécifiques (période d'admission des eaux de mer ou de non admission des eaux de mer, intensité des marées ou des pluies), c'est-à-dire environ 1 campagne de mesure mensuelle, seront

sélectionnés pour la réalisation de période de suivi continu d'une durée d'environ 12 heures (d'une marée basse à une autre).

Le suivi des flux d'eau sera réalisé grâce à l'installation de deux échelles limnimétriques placées à distance, en amont et en aval, de l'ouvrage de régulation (ou à l'entrée du quartier hydraulique). La relation entre le gradient hydraulique, la hauteur d'eau amont et le débit sera calée au cours d'une ou deux périodes de mesure grâce à la mesure conjointe du débit (moulinet courantomètre, cf. équipement).

Des échantillons seront prélevés régulièrement (30 minutes environ) pour la mesure des matières en suspension et de la salinité (environ 25 échantillons en 12 heures). Les matières en suspension seront estimées par des mesures optiques de la turbidité, et la salinité par des mesures de la conductivité électrique. Une large gamme de 5 à 10 valeurs de turbidité et de salinité (y compris grâce à la dilution ou à la concentration des échantillons) sera constituée pour le calage des mesures réalisés sur le terrain grâce à la pesée des matières en suspension (après séchage) et à l'analyse de la composition chimique des éléments dissous (après décantation et filtration).

Les résultats obtenus sur les périodes de mesure seront utilisés pour une extrapolation des résultats à l'échelle de l'année. Cette action sera testée en 2009 dès la réception des équipements sur un ou plusieurs évènements de 12 heures. Elle sera réalisée à l'exutoire de chaque quartier hydraulique sélectionné au cours de l'année 2010 à une fréquence mensuelle.

4.2.3 Action 2.3. Analyser l'influence des caractéristiques du sol et de la gestion de l'eau à la parcelle sur l'évolution des propriétés chimiques de la solution du sol (salinité, acidité...)

Les propriétés chimiques de la solution du sol dans les différents compartiments du système (lame d'eau, horizon superficiel travaillé, horizon sous-jacent non-travaillé, nappe) vont évoluer sous diverses influences :

- fluctuations rapides (statut hydrique et salinité) en fonction du rythme des marées, de l'admission des eaux de mer et du drainage ;
- évolution progressive (salinité, pH, potentiel d'oxydoréduction) sous l'influence de la pluviométrie et d'une submersion continue du système.

Sur chacun des casiers de référence, on mettra en évidence des dynamiques par un suivi conjoint des bilans hydriques et salins, et des évolutions des propriétés chimiques (CE, pH, Eh)

Dans chaque quartier hydraulique, on installera entre la préparation du sol et la mise en place de la culture :

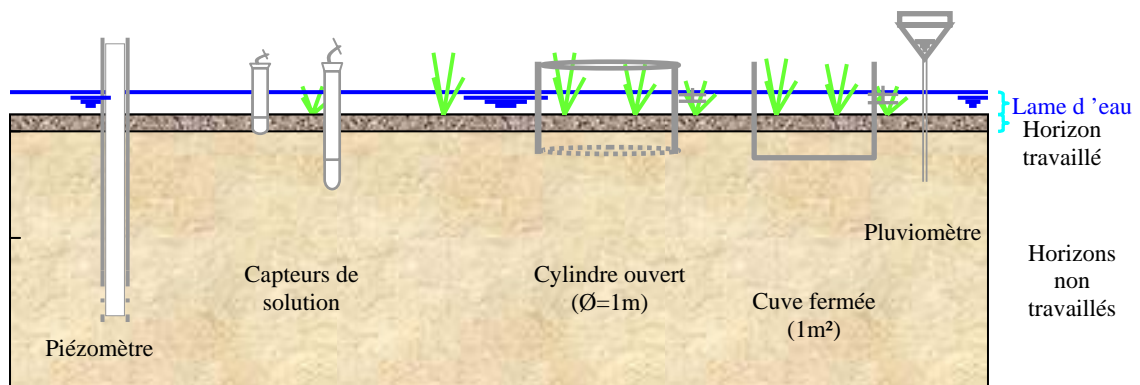
- Un pluviomètre ; et :
- Une cuve fermée à sa base d'une surface de 1m² et d'une hauteur d'environ 50 cm (forme parallépipède rectangle sans doute plus facile à fabriquer localement) pour une estimation de l'évapotranspiration d'une culture de riz. La face intérieure de la cuve est munie d'une réglette graduée pour le suivi de la hauteur de la lame d'eau sous l'influence de la pluviométrie et de l'évapotranspiration. La cuve est aussi munie d'une vanne située à mi-hauteur permettant d'équilibrer périodiquement les niveaux d'eau intérieurs et extérieurs (et le renouvellement des eaux). La cuve est recouverte d'une peinture antirouille. Elle est enterrée à environ 20 cm sous la surface du sol, puis l'horizon superficiel est remis en place avant la mise en place de la culture ;

Dans chaque parcelle de référence, on installera entre la préparation du sol et la mise en place de la culture :

- Un piézomètre pour le suivi de la profondeur et de la salinité de la nappe. Un tube de PVC (diamètre d'environ 50 mm) de 2 mètres de longueur est percé (lame de scie) et crépine (toile de

moustiquaire) sur les 50 derniers centimètres, puis placé dans le sol jusqu'à 1,5 m de profondeur (trou de tarière) ;

- Deux capteurs de solution de type bougie poreuse pour la mesure de la Conductivité Electrique de la solution du sol dans l'horizon travaillé (0-20 cm environ), et dans l'horizon sous-jacent (20-40 cm environ). La mise en charge du système requiert la création d'une dépression, puis la bougie en charge se remplit toute seule dès lors que le milieu est continuellement saturé ;
- Une cuve ouverte à sa base d'une surface de 1 m² et d'une hauteur d'environ 50 cm (forme cylindrique sans doute plus facile à fabriquer localement) pour une estimation de l'infiltration et des entrées et sorties d'eau dans le casier rizicole. Les faces intérieures et extérieures sont munies d'une réglette graduée pour le suivi de la hauteur de la lame d'eau. La comparaison des variations du niveau intérieur et des variations du niveau de la cuve fermée fournit une estimation de l'infiltration. La comparaison des variations du niveau intérieur et des variations du niveau extérieur fournit une estimation des volumes entrants ou sortants de la parcelle de référence. La cuve est aussi munie d'une vanne située à mi-hauteur permettant d'équilibrer périodiquement les niveaux d'eau intérieurs et extérieurs (et de renouveler les eaux). La cuve est recouverte d'une peinture anti-rouille. Elle est enfoncée à environ 20 cm sous la surface du sol.



Le matériel mis en place est retiré avant le début de la campagne suivante et les travaux de préparation du sol.

Le principal questionnement porte sur les dates ou la fréquence des mesures. Le système étant soumis au rythme des marées, la fréquence idéale est de 4 mesures par jour à chaque marée haute ou marée basse. Ce rythme n'étant pas réaliste, le protocole sera testé et simplifié au cours de l'année 2009 pour la mise en œuvre de l'action en 2010. On pourra par exemple réaliser un suivi intensif de 12 heures (cycle de marée) au cours de quelques périodes d'admission des eaux de mer pendant l'interculture, puis établir une fréquence journalière d'observation dès lors que l'admission des eaux de mer est empêchée à partir du démarrage de la saison de culture. Associé à chaque observation, une mesure de la conductivité électrique de la lame d'eau sera réalisée.

Ces mesures seront complétées à une fréquence hebdomadaire par :

- la mesure de la conductivité électrique d'échantillons d'eau prélevés dans les horizons travaillé et non travaillé (capteurs de solution remis en charge à l'issue de la mesure jusqu'à la saturation complète du dispositif), et dans la nappe (piézomètre). A une fréquence mensuelle, les échantillons seront stockés pour la réalisation d'analyses ;
- la mesure *in situ* du pH et du potentiel redox dans les horizons travaillé et non travaillé. Des échantillons de sol seront prélevés à la tarière pour une mesure réalisée immédiatement après le prélèvement pour empêcher tout phénomène d'échange de gaz entre l'échantillon et le milieu extérieur (oxydation, dégazage de CO₂...).

Cette action sera testée en 2009 dès la réception des équipements sur un ou plusieurs casiers rizicoles. Elle sera réalisée sur l'ensemble des casiers rizicoles de référence au cours de l'année 2010. Cette action représente sans doute la plus grande charge de travail. Considérant la capacité effective de l'équipe IRAG, la faisabilité de cette action sera réexaminée début 2010. Et elle pourra être simplifiée.

4.2.4 Action 2.4. Diagnostic agronomique et alimentation minérale

L'action repose sur l'hypothèse que : (1) la fertilité des sols détermine les conditions d'alimentation minérale de la culture en l'absence d'apports d'engrais organiques ou minéraux ; et (2) l'alimentation minérale et les pratiques des agriculteurs déterminent les différentes composantes du rendement du riz.

L'action prévoit le suivi :

- des pratiques culturales (si possible en collaboration du volet « suivi technico-économique de la production rizicole ») ;
- des composantes de rendement à la récolte (Nombre de touffes, de tiges, de panicules, de grains, poids de 1000g, de paille, de grain sur des placettes de 1 m² ;
- le prélèvement d'échantillon de sol dans l'horizon travaillé pour analyse au laboratoire (à préciser) ; et :
- de l'alimentation minérale de la culture. Seront prélevés : un échantillon composite de plantes entières à la période d'initiation paniculaire ; et un échantillon de grain à la récolte. La composition chimique de ces échantillons sera analysée au laboratoire (à préciser).

Pour l'alimentation azotée en particulier, il serait utile d'établir les courbes de dilution critique de l'azote pour les 2 ou 3 principales variétés cultivées. Ce travail pourrait être réalisé en milieu contrôlé sur la station de Koba selon le protocole proposé par (Sheehy et al., 1998).

Par commodité, cette action sera conduite au cours de l'année 2009 sur un échantillon d'une vingtaine de parcelles dans le cadre du volet « suivi technico-économique » dont elle reprendra donc le protocole de suivi des pratiques culturales, et qu'elle complétera l'étude des composantes du rendement, et par des analyses de sol, de plantes entières et de grains. Si nécessaire, elle pourra être complétée par des suivis réalisés sur les parcelles de référence au cours de l'année 2010.

4.3 Etape 3. Accompagner les processus d'adaptation/innovation des agriculteurs pour une meilleure durabilité des systèmes de production

A l'issue de chaque année, la composante recherche-développement du projet Riz-BG conduite par l'IRAG organisera un atelier de restitution regroupant les différents partenaires du projet. L'atelier aura trois objectifs :

- La présentation et la discussion des résultats obtenus ;
- La présentation et la discussion du programme d'activité prévue au cours de l'année suivante ; et surtout :
- Une concertation pour la définition d'objectifs et la mise en œuvre éventuelle d'un programme d'intervention auprès des agriculteurs.

Les programmes d'interventions prendront préférentiellement la forme de démarches d'accompagnement des agriculteurs. Il s'agit de donner l'opportunité aux agriculteurs de discuter de la situation actuelle, de structurer leurs problèmes, de se projeter dans l'avenir et d'identifier des pistes d'amélioration, d'une manière collective. En d'autres termes, toute piste d'amélioration est considérée comme l'expression d'une capacité d'innovation ou d'adaptation propre aux agriculteurs qu'il s'agit d'accompagner par des interventions appropriées. Il pourra s'agir à la fois de pratiques

individuelles des agriculteurs au sein de leurs parcelles, et de besoin d'adaptation des aménagements ou des règles collectives de gestion. Une fois identifié un besoin ou une demande, la démarche s'articule en différentes étapes :

- Analyser la situation et la pertinence de la problématique sur la base des informations disponibles (entretiens, documentation, ...) ;
- Constituer un groupe d'agriculteurs (volontariat et cooptation)
- Identifier le problème au cours d'un premier atelier de diagnostic participatif avec le groupe ;
- Evaluer le problème au cours d'un second atelier, à partir d'informations complémentaires apportées par la composante R/D ou d'autres acteurs du développement de la riziculture de mangrove ;
- Résoudre le problème au cours d'un troisième atelier, c'est-à-dire élaborer collectivement des solutions ;
- Evaluer les solutions : expérimentations mises en œuvre par les agriculteurs avec l'appui de la composante R/D pour l'évaluation de l'efficacité à court terme ; mise en place d'un dispositif de suivi pour l'évaluation de l'efficacité à moyen et long terme ;...

A l'issue de la première année d'activités effectives de la composante R/D (janvier 2010), l'atelier sera principalement structuré autour de la restitution des travaux du « diagnostic de base de la problématique de la fertilité dans les zones de mangrove rizicultivées (approche systémique) », réalisés sur les périmètres de Kondéyiré et Kountouloun. Les propositions d'intervention seront analysées et une suite leur sera donnée, le cas échéant. C'est plus certainement à l'issue de la seconde année d'activité (janvier 2011) que des propositions concrètes d'intervention pourront être mises en œuvre.

4.4 Etape 4. Proposer la conception et les modalités de mise en œuvre d'un dispositif de suivi de la fertilité des sols de mangrove sur le moyen et long terme

La démarche reposera sur la caractérisation de 3 groupes d'indicateurs :

- Indicateurs de cause sur les pratiques individuelles (systèmes de culture) et collectives (aménagements et leur gestion) des agriculteurs ;
- Indicateurs d'effet sur les états du milieu : salinité, statut organique, enherbement...
- Indicateurs d'impact sur l'élaboration du rendement des cultures et les performances techniques et économiques des exploitations agricoles.

La liste des indicateurs et les caractéristiques du dispositif seront établies par l'IRAG et proposés aux différents partenaires du projet lors du second atelier organisé en janvier 2011. Des améliorations et de possibles collaborations avec les autres partenaires (ou synergie avec les autres dispositifs) du projet Riz-BG pourront être discutés.

L'année 2010, et plus vraisemblablement l'année 2011, seront consacrées à la caractérisation d'un état de référence sur différents sites d'intervention du projet Riz-BG. On prévoira en particulier le stockage des échantillons de sol prélevés et la réalisation d'une base de données géoréférencées pour les besoins de comparaison ultérieure. L'IRAG recherchera enfin les voies et moyens d'une pérennisation d'un dispositif de suivi pluriannuel, voire de son extension sur d'autres plaines non concernées par le projet Riz-BG.

5 Récapitulatif : programmation et moyens à mettre en œuvre

5.1 Programmation

Le programme des activités prévoit que les travaux conduits au cours de la première année (2009) ne nécessitent pas d'équipements spécifiques. Ces équipements seront réceptionnés et testés au cours de l'année 2009 pour une mise en œuvre des travaux le plus avancés au cours de l'année 2010.

		2009		2010		2011	
Etape 1	Action 1.1	P	R	A	(R)	(A)	
	Action 1.2	P	R	A	(R)	(A)	
	Action 1.3	P	R	A	(R)	(A)	
	Action 1.4			A	R	(A)	
Etape 2	Action 2.1	(P)	(R)P	A	R	A	
	Action 2.2	(P)	(R)P	A	R	A	
	Action 2.3	(P)	(R)P	A	R	A	
	Action 2.4	P	RP	A	R	A	
Etape 3			(P)	(A)	P	A	R
Etape 4					P	A	R

Gris foncé : actions prioritaires - Gris clair : actions optionnelles

P : programmation - R : Rapport - A : Atelier (optionnels entre parenthèses)

L'[étape 1](#) (Réaliser un diagnostic de base de la problématique de la fertilité dans les zones de mangrove rizicultivées) sera considéré comme prioritaire au cours de l'année 2009. Sa poursuite ou son extension éventuelle à d'autres terrains (cf. [choix des sites](#)) pourra être envisagé au cours de l'année 2010.

L'[étape 2](#) (Comprendre les processus conditionnant l'expression et l'évolution de la fertilité des sols sur un réseau de parcelles de références) sera testée au cours de l'année 2009 pour une mise en œuvre prioritaire au cours de l'année 2010. L'[action 2.4](#) fait exception car elle pourra être couplée dès 2009 avec le suivi technico-économique.

L'[étape 3](#) (Accompagner les processus d'adaptation/innovation des agriculteurs pour une meilleure durabilité des systèmes de production) et l'[étape 4](#) (Concevoir et mettre en œuvre un dispositif de suivi de la fertilité des sols de mangrove sur le moyen et long terme) pourront être initié à partir de l'année 2010, mais ne seront mises en œuvre prioritairement qu'à partir de l'année 2011

A l'issue de chaque année, un rapport d'activité sera rédigé et diffusé, et un atelier sera organisé avec la participation des différents partenaires du projet.

5.2 Moyens humains et opérationnalité

La mise en œuvre de la composante R&D du projet Riz-BG a pris un certain retard. Mais depuis le courant du second semestre 2008, l'ensemble du personnel requis a été affecté :

- Dr. N'Famara Cissé en charge du volet « définition des systèmes permettant de maintenir la fertilité des sols sur le long terme » (et Pierre Kamano en charge du volet « suivi technico-économique de la production rizicole »)
- Un jeune ingénieur (observateur et enquêteur) sur chacun des sites, et en particulier sur les périmètres de Kondéyiré et Kountouloun concerné par le volet « définition des systèmes permettant de maintenir la fertilité des sols sur le long terme ».

On pourra tout de même encore relever quelques lacunes dont on peut espérer qu'elles soient comblées dans les meilleurs délais :

- La composante R&D de l'IRAG ne dispose pas encore de son propre véhicule. Cela rend le déroulement des opérations plus difficile en raison de l'éloignement des sites du projet. L'IRAG met cependant ses véhicules à la disposition des chercheurs autant que faire se peut ;
- La composante R&D de l'IRAG ne dispose pas encore ses propres bureaux et ordinateurs. Il semble souhaitable que N'Famara Cissé et Pierre Kamano puissent s'installer dans des bureaux voisins, par exemple à Dubreka comme cela a été envisagé. Cela les rapprocherait du terrain et des partenaires du projet (Univers-Sel et FOPBG, en particulier), et favoriserait les échanges et collaborations ;

Au-delà, les capacités d'intervention des chercheurs, et en particulier celles de N'Famara Cissé en charge du volet « définition des systèmes permettant de maintenir la fertilité des sols sur le long terme », restent relativement limitées par rapport aux différents objectifs du projet. Ce dilemme devra trouver une solution, soit dans une révision des objectifs du projet (en particulier certaines actions de l'étape 2 de compréhension des processus), soit dans un renforcement des capacités de l'équipe. Si les activités planifiées en 2009 semblent raisonnables, il n'en va pas de même des activités 2010 qui pourront être révisées en fonction des circonstances.

Parmi les différentes solutions envisageables, la voix privilégiée est le renfort d'étudiants, français ou guinéens, dans le cadre de leur stage (ingénieur ou master) et de leur thèse de doctorat. A noter que le financement de 2 masters est d'ores et déjà prévu sur le budget du projet à l'intention des jeunes ingénieurs recrutés par le projet, et qu'une poursuite en thèse est envisageable. Cela offre en outre la possibilité de concrétiser les collaborations envisagées par l'IRAG et le CIRAD sous la forme de co-encadrements. A défaut, les collaborations seront rendues plus difficiles en raison de l'éloignement. Le projet prévoit une indemnité mensuelle de 250 euros pour les besoins d'hébergement. Le cas échéant, il resterait au CIRAD à compléter pour la prise en charge du voyage et des indemnités de stage. Les différentes options seront discutées dans les prochaines semaines.

5.3 Equipements

Les besoins en matériels présentés dans la [proposition d'un programme détaillé](#) sont récapitulés, et des pistes sont proposées pour leur acquisition (tab.4). Que ce soit sur le terrain ou au laboratoire, on privilégiera des modèles portables, simples et robustes (pas ou peu d'entretien). Et on évitera les appareils trop complexes : multiparamètres, sondes combinées,... La création de stock a été prévue en raison de la vulnérabilité de certains équipements, et des importants délais de livraison en Guinée. Un certain nombre d'équipements devront être achetés ou fabriqués sur place à partir de matériaux locaux : pièges à sédiment (pièces de tissu rugueux), cuves lysimétriques ouvertes ou fermés (fabrication à partir de plaque de tôles), piézomètres (tube PVC de diamètre 50 environ...), ...

En complément des équipements de terrain, il est recommandé l'installation d'un petit laboratoire pour quelques préparations (séchage, pesée...) et analyses de sol de routine, réalisés directement par les personnels du projet :

- **Mesure de la conductivité électrique.** A défaut de la réalisation fastidieuse d'extraits de pâte saturée, des suspensions 1:1 (rapport massique sol: solution) seront préparées dans les flacons

Tableau 4. Récapitulatif des besoins en matériels

Activité	Matériel	Nombre	Type	Fournisseurs	Remarque
Laboratoire	Etuve	1	Moyenne capacité (240l)	Société Froilabo	
Laboratoire	Balance analytique de précision	1	marque OHAUS, VOYAGER PRO , Modèle : VP6102C, Portée : 6100g x 0,01g	Société AYMARD Pesage	
Laboratoire	Distillateur	1	Equipement professionnel de petite capacité	Société PUREPRO	Optionnel* Eviter distillateur de laboratoire en verre
Laboratoire	Verrerie		Burettes graduées, béchers ... de différentes capacités + stock de flacons bouchés en plastique pour prélèvements et préparations		
Laboratoire	pH-mV-mètre	3	Matériel portable, si possible compact et étanche	Hanna SDEC Fisher-Bioblock	1 Labo + 2 (Stock de remplacement pour le terrain) Ajouter solutions étalon
Laboratoire	Electrodes pH	3	Electrode pH combiné, corps en matière plastique, électrolyte standard ou à gel	Hanna Fisher-Bioblock	Spécifique labo ou échantillon d'eau sur le terrain Ajouter solutions étalon
Laboratoire	Conductimètre électrique	3	Matériel portatif	SDEC Hanna	1 Labo + 2 (Stock de remplacement pour le terrain) Ajouter solutions étalon
Action 1.3	GPS	1			Pas compétent
Action 2.1	Pièges à sédiments				pm
Action 2.2	Echelles de crue	4		OTT France	2 par ouvrage (amont/aval)
	Moulinet courantomètre	1		OTT France SDEC	Calage

Activité	Matériel	Nombre	Type	Fournisseurs	Remarque
	Turbidimètre	4	Matériel portatif	Hanna	1 par site + 2 (stock de remplacement)
	Conductimètre électrique	2	Cf. laboratoire		1 par site
Action 2.3	Cuves lysimétriques et piézomètres				pm
	Pluviomètres	2		Disponibilité locale	1 par site
	pH-mV-mètre	2	Cf. laboratoire		1 par site
	Electrode pH**	6	Electrode de pénétration à électrolyte gelifié (sans entretien)	p. 1670 du catalogue Fisher-Bioblock Hach	2 par site + 2 (stock de remplacement)
	Electrode rodox**	6	Electrode gélifiée à pointe de platine	p. 1667 du catalogue Fisher-Bioblock	2 par site + 2 (stock de remplacement)
	Lysimètre à céramique poreuse	Environ 10	SPS 200	SDEC	2 par casiers de référence + 1 pompe à vide + flacon
Toutes	Appareil photo numérique				

* Un distillateur n'est peut-être pas nécessaire. De simples bidons feront l'affaire si de l'eau distillée peut être fournie par un laboratoire voisin

** Il existe une nouvelle technologie de mesure à capteur électronique (IFSET) a priori plus robuste, mais aussi beaucoup plus cher. On privilégiera le remplacement des électrodes défailantes

en plastique, puis agitées à la main pendant quelques minutes, laissé au repos pendant deux heures avant la mesure de la CE dans le surnageant.

- **Mesure du pH.** Des suspensions 1:2.5 (rapport massique sol: solution) seront préparées dans les flacons en plastique, puis agitées à la main pendant quelques minutes, laissé au repos pendant deux heures avant la mesure du pH dans le surnageant.

Ce laboratoire pourra être installé dans les bureaux du projet, et sera constitué d'une balance de précision, d'une étuve de petite capacité, d'un système d'approvisionnement en eau distillée, de verrerie, de conductimètres électrique, de pH-mètres et électrodes pH, et de solutions d'étalonnage. Il aura aussi vocation à assurer une activité de suivi et de contrôle de la qualité des équipements et des mesures réalisées sur le terrain.

Les analyses de sol et de la composition des eaux et des plantes pourront être réalisées sur demande au laboratoire d'analyse du CIRAD à Montpellier. Le tarif préférentiel accordé aux chercheurs du CIRAD sera appliqué.

En complément de la suite de logiciels Microsoft Pro, il est nécessaire de prévoir l'acquisition d'un logiciel statistique (XLSTAT proposé en raison de sa compatibilité avec Excel) et d'un logiciel de SIG (MapInfo ou ArcGIS, plus sophistiqué, selon les moyens financiers engagés, et surtout la capacité à utiliser ces outils).

6 Références

- Kirk, G.J.D., 2003. Rice root properties for internal aeration and efficient nutrient acquisition in submerged soil. *New Phytologist* 159, 185-194.
- Lidon, B., Barry, B., Cissé, N.F. (2008). Définition des activités du volet « Maintien et restauration de la fertilité des sols » de la composante « Recherche développement » du projet Appui au développement de la filière riz en Basse Guinée « Riz -BG ». Conakry, IRAG-CIRAD: 48.
- Marius, C., 1977. Propositions pour une classification des sols de mangrove tropicales. *Cahiers ORSTOM, série pédologique* XV, 8-102.
- Marius, C., 1985. Mangroves du Sénégal et de la Gambie: écologie, pédologie, géochimie, mise en valeur. ORSTOM,
- Sheehy, J.E., Dionora, M.J.A., Mitchell, P.L., Peng, S., Cassman, K.G., Lemaire, G., Williams, R.L., 1998. Critical nitrogen concentrations: implications for high-yielding rice (*Oryza sativa* L.) cultivars in the tropics. *Field Crops Research* 59, 31-41.
- Sow, B., 2003. Innovations en aménagement des sols de mangrove pour la riziculture. Partie 1: Cas du périmètre de Yangoyah. *Etude et Gestion des Sols* 10, 95-106.
- Sow, B., Barri, M.B., 2003. Innovations en aménagement des sols de mangrove pour la riziculture. Partie 2: Riziculture. *Etude et Gestion des Sols* 10, 107-119.
- Van Santen, P., Augustinus, P.G.E.F., Janssen-Stelder, B.M., Quartel, S., Tri, N.H., 2007. Sedimentation in an estuarine mangrove system. *Journal of Asian Earth Sciences* 29, 566-575.

Encadré 1. Aménagements parcellaires



Systèmes traditionnels d'admission de l'eau de mer ou de drainage entre un casier rizicole et un chenal naturel ou un drain. La méthode la plus commune reste la rupture de la diguette de protection.



Diguette de protection des casiers rizicoles



Clapet anti-retour évitant l'admission de sels pendant la saison de culture (Univers Sels)



Système PVC (diamètre de 110 mm) constitué d'un tuyau, d'un coude pivotant, d'une rehausse et d'un clapet anti-retour (Univers Sels). Le système peut être réglé pour contrôler le niveau de l'eau et le drainage du casier rizicole pendant la saison de culture [Vue de la parcelle (le chenal en arrière plan) et vue du chenal (la parcelle en arrière plan)]

Encadré 2. Infrastructures de maîtrise de l'eau à l'échelle de la plaine



Vue d'ensemble d'un ouvrage réalisé dans le cadre du PDRI-GM



Vue d'ensemble d'un ouvrage BERCA Baara (de la plaine vers l'extérieur)



Vue de détail d'un ouvrage réalisé dans le cadre du PDRI-GM



Vue de détail d'un ouvrage BERCA Baara : drainage d'eau de la plaine vers l'extérieur pendant la marée basse



Vue d'ensemble d'un ouvrage BERCA Baara : l'eau s'écoule vers l'extérieur et soulève la plaque pendant la marée basse.



Ouvrage installé par le bureau d'étude Barca Baara : fermeture du système empêchant l'admission des eaux de mer dans la plaine pendant la marée haute.

Encadré 3. Admission de l'eau de mer et dépôts de sédiments



Exemples d'admission d'eau de mer dans un casier rizicole (système traditionnel d'admission et de drainage à gauche, rizière couverte de Sésuvium à droite)



Autre exemple d'admission d'eau de mer



La vidange s'effectue progressivement de casier à casier jusqu'à l'exutoire pendant la marée basse, favorisant le dépôt de sédiments (NB : végétation de Paspalum)



Dépôt de sédiment marin dans un casier rizicole

Encadré 4. Végétation naturelle et environnement des plaines de mangrove



Aux limites de la plaine de mangrove



Chenal et végétation naturel au cœur de la plaine aménagée



Petit plant de palétuviers de type rhizophora



Végétation d'avicenna



Chenal dans la végétation naturelle

Encadré 5. Enherbement des casiers rizicoles



Sol argileux recouvert de Sesuvium (bon)



Jeune pousse de cypéracées (là où l'eau de mer ne rentre pas)



Végétation de Paspalum. Pour s'en débarrasser, on doit retourner la surface pour mettre les racines à l'air ...



De l'influence des pratiques des agriculteurs... : Contraste entre un sol couvert d'une végétation de sésuvium (à gauche), et un sol nu de couleur rouge (à droite), à fertilité équivalente



Parcelle abandonnée envahie par l'enherbement (à droite), dans un contexte de sol dégradé

Encadré 6. Manifestations de la dégradation des sols (acidité)



En particulier en bordure ou proche des points hauts où l'admission des eaux de mer est difficile



Manifestation de jarosite en surface (tâches jaunes pâles)